

Результаты расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов значений коэффициента теплопроводности различных теплоизоляционных материалов

Тип теплоизоляции	Экспериментальное значение коэффициента теплопроводности, Вт/(м·К)	Значение коэффициента теплопроводности по данным производителя, Вт/(м·К)
Вспененный каучук	0,047	0,039
Минеральная вата	0,046	0,040
Жидкая теплоизоляция	0,08	0,0012

На основании представленных данных можно сделать вывод о том, что экспериментальные значения коэффициентов теплопроводности вспененного каучука и минеральной ваты отличаются от значений, заявленных производителями, не более чем в 1,21 раза. Отличие реального значения коэффициента теплопроводности жидкой теплоизоляции от значения, заявленного производителем, достигает 66,67 раз.

Причиной этого может быть:

- нарушение технологии нанесения жидкой тепловой изоляции;
- ошибочно заявленное производителем значение коэффициента теплоотдачи;
- контрафактная продукция.

С целью подтверждения или опровержения полученных данных необходимо провести серию дополнительных экспериментов на образцах разной геометрии и протяженности.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ БЕДНЫХ ГАЗОВ

Филиппов П.С., Абаимов Н.А., Буян Б.  
УрФУ, [tes.urfu@mail.ru](mailto:tes.urfu@mail.ru)

Камера сгорания для сжигания бедных газов имеет свои особенности конструкции и установки в общую систему ГТУ достигнутых параметров. Для того чтобы компенсировать низкое значение теплоты сгорания бедных газов, система подачи топлива должна обеспечивать гораздо больший расход, чем система топливоподачи газа с высокой теплотой сгорания. По причине большого массового расхода газа с низкой теплотой сгорания, выходное сечение для топлива должно иметь большее поперечное сечение, чем при использовании природного газа. При этом необходимо поддерживать равномерное распределение температуры в камере сгорания и избегать локальных перегревов во избежание больших выбросов  $\text{NO}_x$  [1].

В качестве исходных данных использовались результаты, полученные в диссертациях Никулиной А.Ю. [2] и Абатуровой О.С. [3]. На основе данных

работ была смоделирована камера сгорания для сжигания бедных газов. Тип камеры – кольцевая, компоновка труба в трубе (рис. 1).

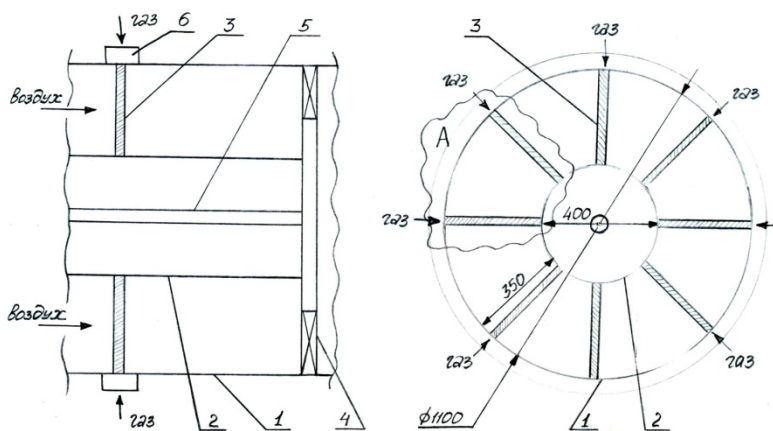


Рис. 1. Кольцевая камера сгорания [2]

Конструктивные размеры камеры приведены в табл. 1.

Таблица 1

Конструктивные размеры камеры сгорания [3]

Камера сгорания		Раздающий коллектор		
Длина, м	Наружный диаметр, м	Количество каналов	Количество рядов отверстий	Диаметры отверстий с одной стороны канала (сверху вниз), мм
2	2	18	9	5; 5,4; 5,8; 6,1; 6,6; 7,1; 7,6; 8,1; 8,6

Для математического моделирования был выбран CFD-пакет ANSYS CFX, так как он позволяет произвести расчеты и анализ гидрогазодинамических процессов, многофазных потоков, химической кинетики, горения и радиационного теплообмена и т.д. Процедура типового расчета может быть разделена на три основных этапа:

- создание геометрической модели;
- генерация сетки;
- расчет и анализ результатов.

Во время работы был смоделирован процесс подачи через ряд отверстий и дальнейшего сгорания газового топлива (с теплотой сгорания 6,435 МДж/кг) в высокотемпературном 800 °С окислителе (воздух). Состав газа в % (масс.): CO<sub>2</sub>=2,3 %; CO=46 %; H<sub>2</sub>=1,4 %; CH<sub>4</sub>=0,3%; N<sub>2</sub>=50 %.

Сетка модели, имеющая 673826 элементов, была апробирована в последующих вариантах с оптимизированными конструктивными размерами.

По результатам численного моделирования видно (рис. 2), что распределение температуры в продольном сечении камеры сгорания происходит неравномерно и наблюдается сильное увеличение температуры в нижней части камеры.

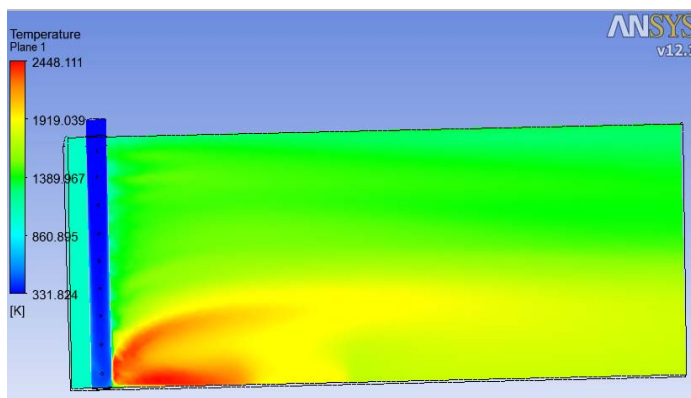


Рис. 2. Распределение температуры в продольном сечении камеры в исходном варианте (табл. 1)

Были приняты попытки по решению этой проблемы путем эмпирического подбора других размеров конструкции камеры, а точнее изменением диаметров отверстий (табл. 2).

Таблица 2

Варианты оптимизированных конструктивных размеров камеры сгорания

Поз.	Камера сгорания		Раздающий коллектор		
	Длина, м	Наружный диаметр, м	Количество каналов	Количество рядов отверстий	Диаметры отверстий с одной стороны канала (сверху вниз), мм
1	2	2	18	9	7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7; 7
2	2	2	18	9	8,6; 8,1; 7,6; 7,1; 6,6; 6,1; 5,8; 5,4; 5
3	2	2	18	9	8,6; 8,1; 7,6; 7,1; 7,1; 6,7; 5,2; 5,2; 5,2

Таким методом удалось достичь более равномерного распределения температуры в продольном сечении камеры (рис. 3).

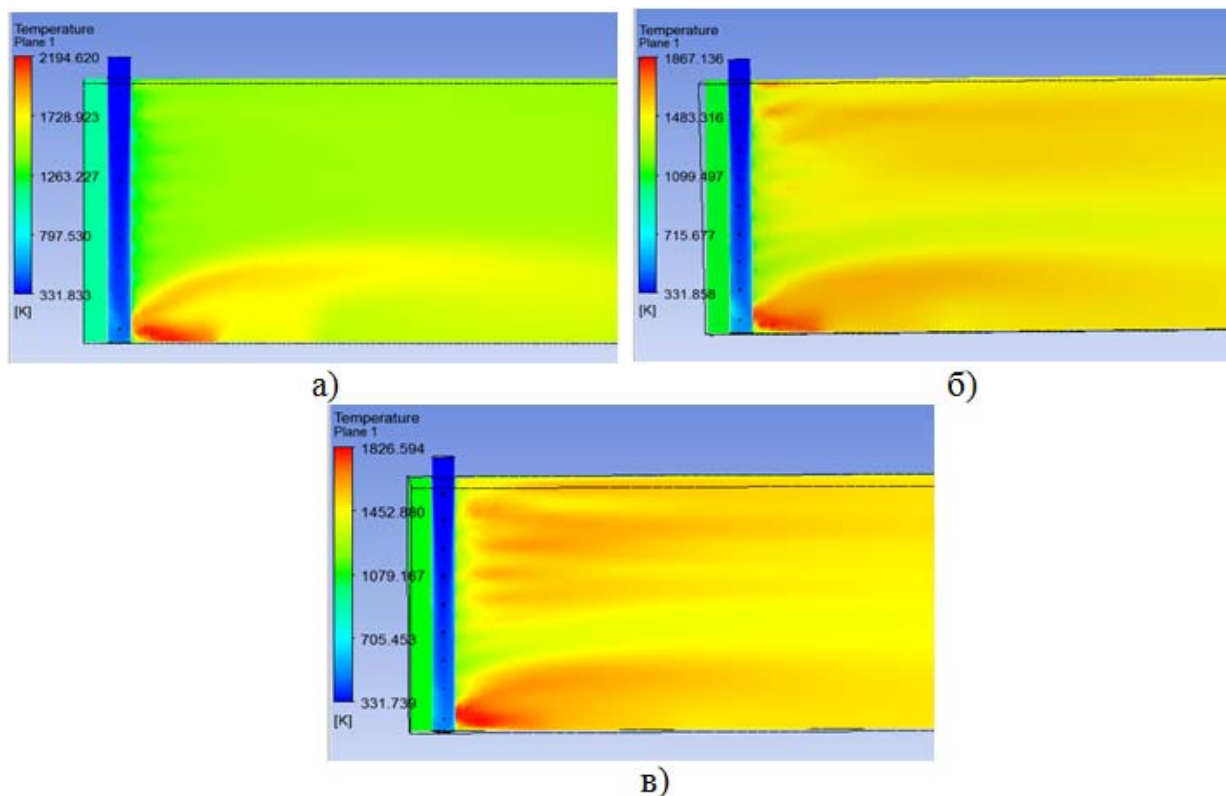


Рис. 3. Распределение температуры в продольном сечении камеры (из таблицы 2): а) – вариант № 1; б) – вариант № 2; в) – вариант № 3

Из рис. 3 видно, что вариант 1 мало отличается от исходного. В вариантах 2 и 3 за счет оптимизации диаметров отверстий температурное поле выравнивается и локальный перегрев уменьшается.

В дальнейшем планируется оптимизация конструктивных размеров камеры путем численных исследований и инженерных расчетов для определения требуемых расходов воздуха и газа.

#### *Библиографический список*

1. Сулимов Д.Д. Газотурбинные установки ОАО «Авиадвигатель» для работы на синтез-газе, полученном в результате газификации угля [Электронный ресурс]. URL: [http://avid.ru/upload/pages/5914/sbornik\\_154-158.pdf](http://avid.ru/upload/pages/5914/sbornik_154-158.pdf) (дата обращения: 29.11.13).
2. Никулина А.Ю. Камера сжигания бедных газов в высокотемпературном воздушном потоке: дисс. магистра техники и технологии 140100.68; УрФУ. Екатеринбург, 2012. 81 с.
3. Абатурова О. С. Моделирование камеры догрева циклового воздуха для гибридной ПГУ на твердом топливе мощностью 300 МВт: дисс. магистра техники и технологии: 140100.68; УрФУ. Екатеринбург, 2013. 76 с.

## **ТЕНДЕНЦИИ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

*Халевицкий Ю.В.  
УрФУ, [me@dijkstra.ru](mailto:me@dijkstra.ru)*

Суперкомпьютерные системы используются во многих областях науки и промышленности. Они широко применяются для моделирования различных физических и экономических процессов, прогнозирования погоды, а также в инженерных задачах.

В настоящее время большинство суперкомпьютеров имеют кластерную архитектуру. Кластер состоит из большого количества серверов, называемых также *узлами*. Сервера соединены высокопроизводительной локальной вычислительной сетью, предназначенной для организации взаимодействия в процессе вычислений [1]. В качестве узлов кластера могут выступать как традиционные сервера, подобные тем, что используются для поддержки веб-порталов, так и специальные системы, оснащённые вычислительными ускорителями и предназначенные для проведения интенсивных вычислений. Кластеры, содержащие процессоры одного типа, называют *гомогенными*. Кластеры, оснащённые различными процессорами, в том числе вычислительными ускорителями, принято называть *гетерогенными*.

Рассеиваемая мощность современного суперкомпьютера может достигать тысяч киловатт. Так, например, мощность суперкомпьютера Тяньхэ-2 составляет 17,8 МВт [2]. Затраты на электроэнергию, связанные с проведением вычислений, могут достигать значительных величин: при цене электроэнергии в 0,1002 долл. США за кВт·ч [3] содержание такой системы обошлось бы китайскому правительству в 15 млн долл. США в год, что в долгосрочном периоде сравнимо с ценой самой вычислительной системы, которая оценивается в 200-300 млн долл. США [4].

Высокая стоимость необходимой для вычислений электроэнергии – самая очевидная, однако, не единственная причина высокой актуальности повышения энергоэффективности в суперкомпьютерных технологиях. Построение кластер-